

低周波数振動モード構造音の低減を目的とした制振材連結の効果

三井造船（株） 正員 井上 浩男 三井造船（株） 正員 渡邊 茂
三井造船鉄構工事（株） 正員 連 重俊 中央大学 正員 平野 廣和

1. はじめに

橋梁構成部材である主桁や横桁などを制振し、固体音低減対策を行う場合、従来は、単に構成部材に制振材（一例：300mm × 300mm）を全面的に貼り詰める工法が取られて来た。しかし、過去の要素試験¹⁾より、対象となる周波数帯が低い場合、その周波数成分の部材振動モードの波長が制振材単体の大きさより長くなるため、周波数帯が低いほど制振効果が低下する結果が得られている。また、同要素試験¹⁾より、良好な制振効果を得るには、制振材で振動モードの腹（曲率が大きい）の部分の覆う必要があることが分かっている。そこで、低い周波数帯の長い波長振動モードに見合った大きさの制振材をモードの腹に取り付ける対策が考えられるが、実際の施工現場では以下の問題点が発生する。

- 制振材単体の重量の増加による作業性の悪化（複数人での作業が必要）
- 箱桁内部に制振材を設置する場合のマンホール入り口径の制限

よって、低い周波数（長い波長振動モード）に対応し、且つ、上記問題点を考慮した制振手法の開発を目的として、現場での長い波長モードに対応した大きさの制振材を構築する方法を検討し、その効果確認のための試験を行った。その結果、制振材同士の切れ目に短冊状の薄鋼板を渡し、制振材同士を連結することによって、長い波長モードに対しても良好な制振効果が得られたので、結果をここに報告する。

なお、要素試験¹⁾より、周波数帯およびレベルに関して、供試体の振動加速度と放射音圧とで強い相関が得られている。よって、今回の試験では、振動加速度のみの計測で試験を行い、減衰量を評価することとした。

2. 試験方法と試験ケース

ここで用いた供試体（母材）の大きさは500mm × 900mm であり、板厚は道路橋桁部材で多く用いられている9mm 厚とした。制振材（300mm × 300mm × 20mm）は特殊合成ゴム層と薄鋼板との組み合わせからなる構造で、ボルトナットにより供試体に圧着した。図-1(a), (b) に、モード解析により得られた供試体の長手方向（900mm）の曲げ振動モード形状（1次および2次）とその周波数を示す。今回の試験は、波長の長いモードの腹と制振材の切れ目位置に着目しているので、制振材を本供試体の最低次モード（1次：図-1(a)）の腹に制振材同士の切れ目が当たる様に配置した（図-2 参照）。なお、この配置では、供試体の2次モード（図-1 (b)）の腹は、制振材に覆われることとなる。

制振材を付けた試験ケース状態を図-2 ((a), (b)) に示し、供試体（母材）のみを試験 A とする。試験 C（連結あり）では、250mm × 100mm × 2mm の薄鋼板2枚を用いて連結した。各試験ケースの供試体をワイヤーで吊り下げ、加振エネルギーを管理した上で、供試体の一端をハンマリングした。

3. 分析方法

ハンマリング試験は、定常加振試験とは異なり、供試体固有の様々な振動モードが励起される。よって、供試体に取り付けた振動加速度計からの出力で、直接、対象とするモードの減衰を評価することは難しい。振動加速度を対象とする1次モードの周波数帯でデジタル的に帯域制限し、各試験の振動減衰を評価した。さらに、ハンマー加振時の衝撃を除いたピックアップ出力のピーク時刻後0.02秒から0.64秒間で、供試体の振動加速度をFFT分析し、各振動卓越周波数成分の試験 A（制振材なし）に対する試験 B, C（制振材あり）の時間平均的な振動加速度低減量 [dB] を評価した。

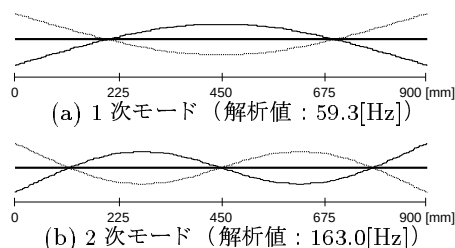
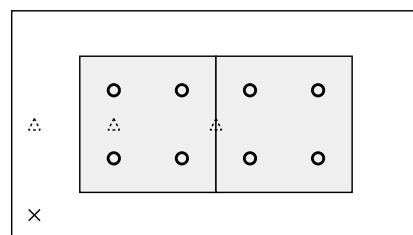
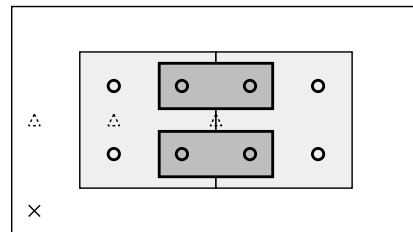


図-1 供試体のモード形状と周波数



(a) 試験 B 連結なし



(b) 試験 C 連結あり

(○：ボルト穴、△：加速度計、×：打撃点)

図-2 試験ケース一覧

Key Words: 構造音, 振動モード, 制振材連結

〒104-8439 東京都中央区築地 5-6-4 TEL:03-3544-3687, FAX:03-3544-3079

4. 結果と考察

モード解析結果より得られた1次および2次モードの周波数は59.3[Hz], 163.0[Hz]であり、試験A（供試体のみ）の結果で確認された低い方から1および2番目の卓越周波数は59.4[Hz], 164.1[Hz]であった。よって、試験結果より得られた卓越周波数は供試体の曲げ振動が起因し、供試体の振動モード形状も、解析により求めたモード形状（図-1）と一致していると推測される。以下、供試体の振動モードの波長が制振材単体の大きさよりも長い1次モードとそれよりも比較的波長が短いより高次なモードに対する制振効果の違いに着目して考察を行うものとする。

図-3（a）～（c）に、ハンマー加振直後から0.5秒間の帯域制限後の1次モードの振動加速度時刻歴を示す。（a）～（c）では、加振時の初期振幅は、おおよそ同じ値を示しているのに対し、制振材を付けた場合の振動減衰が明らかに早く、制振効果（a）<（b）<（c）が得られていることが分かる。図-4に、各モードの時間平均的な振動加速度低減量[dB]を示すが、試験B（連結なし）では、モードの腹が制振材に覆われている2次および4次モードの周波数帯に関しては試験C（連結あり）と同様の減衰効果があるのに対し、1次および3次モードの減衰効果が余り見られなくなる（1次モード：図-3(b)参照）。これは、モードの腹（曲率が大）の部分に制振材の切れ目が当たり、モードの曲率が大きな場所での制振ゴム層のせん断変形が十分に得られていないからだと考えられる。

一方、制振材の切れ目に短冊状の薄鋼板を渡し、各々の制振材の制振ゴム層の外側に付いている薄鋼板の面をフラットに保とうとしたものが試験Cである。この方法を用いた結果、図-4に示す様に、試験B（連結なし）では減衰が余り見られなかった1次および3次モードの振動成分に対しても、良好な制振効果が得られた。

表-1に、定量的な評価として、各ケース毎の1次モードの損失係数 η の一覧を示す。試験Bと試験Cの結果を比較すると、試験C（連結あり）の方が損失係数 η で3倍以上もの良好な制振効果が得られる結果となった。

5. まとめと課題

低い周波数（長い波長振動モード）に対応し、且つ、現場での施工性を考慮にいたした制振手法の開発を目的として、制振材同士を連結することによる制振効果の確認試験を行った。その結果、制振材同士の切れ目に短冊状の薄鋼板を渡し、制振材の外面をフラットに保つことで、大幅に制振効果が向上することが分かった。よって、この方法を用いれば、現場での作業性も良く、箱桁等のマンホールから搬入可能なことから、波長の長いモードに対しては、複数枚の制振材を並べ、その切れ目に薄鋼板を渡しボルトにより一体圧着することで、長い波長に対応した大きな制振材を構築することが可能となる。本報告では、要素試験での効果確認のみであるが、実橋に於いて、ここで提案した制振対策を施工した段階である。今後は、実橋での制振・固体音低減効果を確認していく予定である。

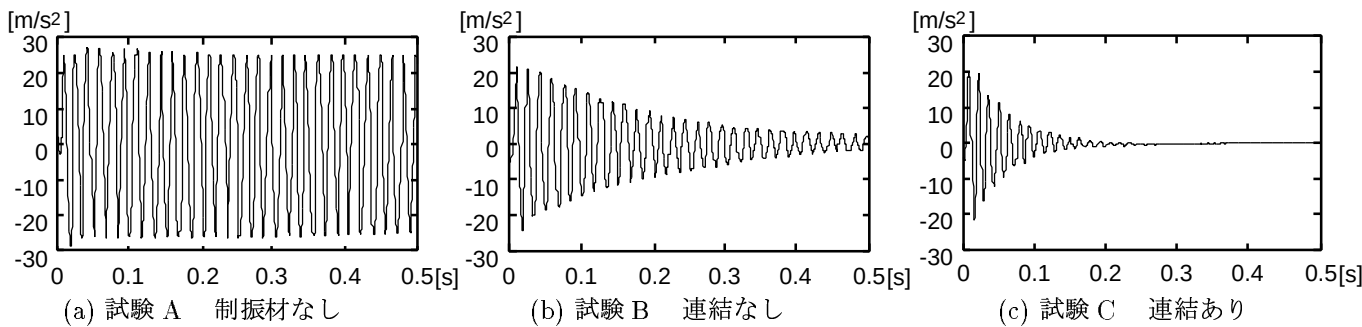


図-3 振動加速度の時刻歴（1次モード）

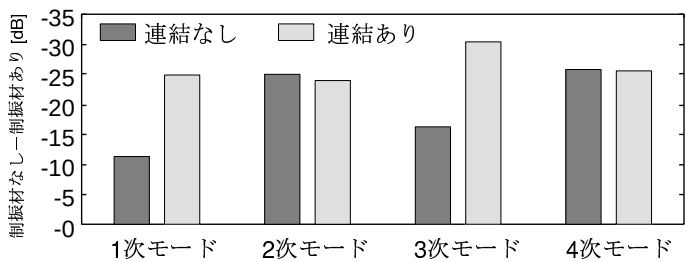


図-4 各モードの振動加速度低減量

表-1 1次モードの損失係数 η

	損失係数 η
試験 A 制振材なし	0.001 以下
試験 B 連結なし	0.027
試験 C 連結あり	0.085

参考文献

1) 渡邊, 飯村, 井上, 佐野: 構造音低減を目的とした高効率な制振材の取り付け配置について, 土木学会第 54 回年次学術講演会第 I 部門, 1999